

УДК 671.327.1

© С. В. Соколов, В. В. Каменский

ОПТИЧЕСКОЕ ВЫЧИТАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ НАНОТРУБОК

Рассмотренное в статье оптическое аналоговое вычитающее устройство реализует идею использования в качестве чувствительного элемента телескопических нанотрубок и управления ими с помощью оптических потоков. Устройство предназначено для выполнения операции вычитания интенсивностей как когерентных, так и некогерентных оптических аналоговых сигналов.

Кл. сл.: оптическое наноустройство, оптические устройства обработки информации, устройство вычитания оптических аналоговых сигналов, оптические нановолокна, телескопические нанотрубки, источник постоянного оптического сигнала, оптический нановолоконный Y-разветвитель, оптический нановолоконный объединитель

Предлагаемое вниманию оптическое аналоговое вычислительное устройство, реализующее операцию вычитания интенсивностей оптических сигналов (и не имеющее на сегодняшний день аналогов), строится на основе известных и уже апробированных наноэлементов: оптических нановолокон, варианты технического исполнения которых описаны в [1], и открытых в 2002 г. телескопических нанотрубок, под которыми понимается пара вложенных одна в другую нанотрубок [2].

Реализация необходимых для его функционирования соединений оптических нановолокон, рассматриваемых далее, — как оптических нановолоконных объединителей, так и оптических нановолоконных Y-разветвителей — в настоящее время может быть осуществлена на основе наноструктурированных пористых стекол [3, 4] или на основе фотонно-кристаллических световодов [5].

Рассмотрим структуру предложенного оптического устройства более подробно. Оптическое аналоговое вычислительное (вычитающее) устройство (см. рисунок) содержит: И — источник оптического сигнала; P1, P2 — оптические нановолоконные N-выходные разветвители; O1, O2 — оптические N-входные нановолоконные объединители; ТНТ — телескопические нанотрубки; ВхР1 — входной оптический нановолоконный Y-разветвитель; ВхО1, ВхО2 — входные оптические нановолоконные объединители; ВыхР1, ВыхР2 — выходные оптические нановолоконные Y-разветвители.

Телескопические нанотрубки ТНТ расположены между выходами объединителей ВхО1 и ВхО2 по оси распространения их выходных оптических сигналов. Под воздействием разности сил, обу-

словленных световым давлением последних, внутренняя нанотрубка будет перемещаться в сторону оптического потока с меньшей интенсивностью (при этом необходимо иметь в виду, что минимально необходимая сила для перемещения нанотрубки составляет аттоньютон [2], а световой поток мощностью 1–5 Вт действует на внутреннюю нанотрубку с силой 5–15 нН).

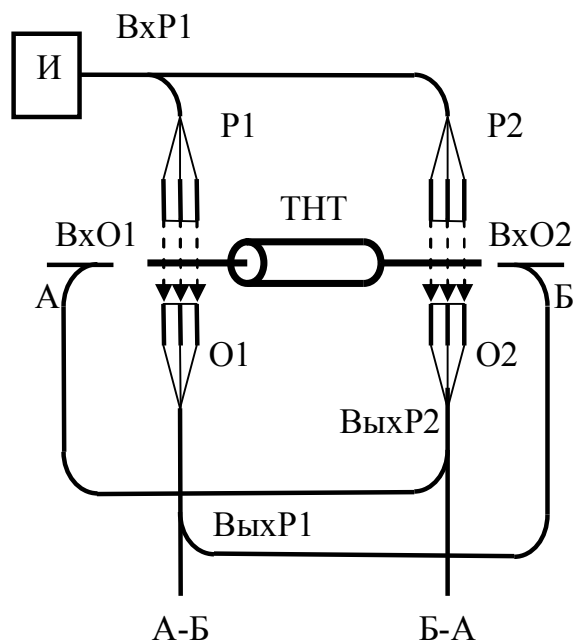


Схема оптического аналогового вычислительного (вычитающего) устройства

Оптический сигнал с выхода источника оптического сигнала И с интенсивностью $2 \cdot N \cdot K$ усл.ед., пройдя через входной разветвитель ВхР1, поступает на входы N -выходных разветвителей Р1 и Р2, с каждого выхода которых снимается постоянный оптический сигнал с интенсивностью K усл.ед.

До подачи на входы А и Б оптических сигналов устройство находится в начальном состоянии — внутренняя нанотрубка находится в среднем положении. В этом положении внутренняя нанотрубка разрывает оптические связи между выходами разветвителей Р1, Р2 и входами объединителей О1, О2.

Пусть далее на входы устройства А и Б поданы оптические сигналы с интенсивностями I_A и I_B , тогда на внутреннюю нанотрубку будет действовать разность сил (обусловленных световым давлением) F_A и F_B , пропорциональных интенсивностям световых потоков на выходах нановолоконных объединителей ВхО1 и ВхО2: $F_j = Z \cdot I_j$.

Для определенности полагаем далее, что интенсивность оптического сигнала $I_A > I_B$. Тогда внутренняя нанотрубка из среднего положения начнет перемещаться вправо, интенсивность светового потока на выходе объединителя О1 начнет увеличиваться пропорционально величине перемещения x внутренней нанотрубки. Т. к. длины правой и левой частей внутренней нанотрубки составляют единицы микрометров, а диаметр оптических нановолокон — единицы нанометров, то изменение величины перемещения x для ясности последующего изложения можно считать непрерывным (дискретный характер изменения x не вносит никаких принципиальных ограничений в принцип действия устройства). Интенсивность светового потока на выходе объединителя О1 будет равна $K \cdot x$ (при этом интенсивность светового потока на выходе объединителя О2 по-прежнему будет равна нулю). Оптический сигнал с интенсивностью $K \cdot x$ поступает далее на вход выходного разветвителя ВыхР1, где, разделившись на два, проходит на выход А-Б устройства и на второй вход нановолоконного объединителя ВхО2. Оптический сигнал с интенсивностью $K \cdot x / 2$ на втором входе объединителя ВхО2 формирует сигнал отрицательной обратной связи, препятствующий (совместно с входным сигналом Б) движению внутренней нанотрубки вправо — скорость ее движения уменьшается, изменение величины перемещения x замедляется.

По окончании переходного процесса в момент остановки внутренней нанотрубки величина перемещения x будет равна

$$x = 2 \cdot (I_A - I_B) / K.$$

Таким образом, на выходе устройства А-Б формируется сигнал $K \cdot x / 2 = I_A - I_B$, интенсивность которого, пропорциональна разности интенсивностей поданных оптических сигналов (знак разности при этом определяется соответствующим выходом, на котором формируется выходной сигнал).

Процесс вычитания оптических сигналов при $I_A < I_B$ происходит аналогично, но движение внутренней нанотрубки при этом происходит уже влево.

Важнейшими преимуществами данного оптического аналогового вычислительного устройства являются, во-первых, впервые реализованные возможности непосредственного *оптического вычитания*, а во-вторых, их реализация на основе уже апробированных наноэлементов — нановолноводов и телескопических нанотрубок, позволяющих предельно уменьшить размеры оптического вычислителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптика наноструктур / Под ред. А.В. Федорова. СПб.: Недра, 2005. 326 с.
2. Quanshui Zheng, Qing Jiang Multiwalled carbon nanotubes as gigahertz oscillators // Phys. Rev. Lett. 2002. V. 88, N 4, 28 January. 045503, 3 pages.
3. Antropova T.V., Petrov D., Yakovlev E. Porous glasses as basic matrixes of the microoptical devices: effect of composition and leaching conditions of the initial phase-separated glass // Phys. Chem. Glasses – Eur. J. Glass Sci. Technol. B. 2007. V. 48, N 5. P. 324–327.
4. Petrov D.V., Yakovlev E.B., Antropova T.V. Laser based processing of porous glass for micro optical devices // International Conference "Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies" (FLAMN-07), Workshop "Laser Cleaning and Artworks Conversation" (LCAC). St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO), June 25–28, 2007. Abstract. St. Petersburg. P. 44.
5. Желтиков А.М. Развитие технологии фотонно-кристаллических световодов в России // Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2, № 1, 2. С. 70–78.
6. Krenn J.R., Dereux A., Weeber J.C., et al. Squeezing the optical near-field zone by plasmon coupling of metal nanoparticles // Physical Review Letters. 1999. V. 82, N 12. P. 2590–2593.

Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на Дону

Контакты: Соколов Сергей Викторович,
sok-ol@yandex.ru

Материал поступил в редакцию 9.11.2010.

THE OPTICAL ANALOG SUBTRACTING DEVICE ON THE BASIS MULTIWALLED CARBON NANOTUBES

S. V. Sokolov, V. V. Kamensky

Rostov State Transport University, Rostov-on-Don

The optical analog subtracting device realizing the idea of using multiwalled carbon nanotubes as a sensitive element of multiwalled carbon nanotubes and their control by means of optical streams is discussed in this article. The device is intended for performance of operation of subtraction both coherent, and noncoherent, optical analog signals.

Keywords: optical nanodevice, optical processing devices of the information, the device of subtraction of optical analogue signals, optical nanofibres, multiwalled carbon nanotubes, source of a constant optical signal; optical nanofiber Y-splitter, optical nanofibre combiner